

Aus der Abteilung für Kronen- und Brückenprothetik des Zahnärztlichen Institutes
der Universität Basel (Vorsteher: Prof. G. Vest)

Über die Retentionsfähigkeit einiger Brückenanker

INAUGURAL-DISSERTATION

zur Erlangung der Doktorwürde der Zahnheilkunde der Medizinischen Fakultät
der Universität Basel

vorgelegt von

UGO EISELIN

von Erlen (Thurgau)

ZÜRICH 1952

BUCHDRUCKEREI BERICHTHAUS ZÜRICH

Von der Medizinischen Fakultät Basel genehmigt auf Antrag
von Prof. *G. Vest*

Tag der Promotion: 19. März 1951

Aus der Abteilung für Kronen- und Brückenprothetik des Zahnärztlichen Institutes
der Universität Basel (Vorsteher: Prof. G. Vest)

Über die Retentionsfähigkeit einiger Brückenanker

INAUGURAL-DISSERTATION

zur Erlangung der Doktorwürde der Zahnheilkunde der Medizinischen Fakultät
der Universität Basel

vorgelegt von

UGO EISELIN

von Erlen (Thurgau)

ZÜRICH 1952

BUCHDRUCKEREI BERICHTHAUS ZÜRICH



Über die Retentionsfähigkeit einiger Brückenanker

Von Ugo Eiselin

616.314-61 : 616.314 089.29 j0

1. Zweck der Brückenanker

In der zahnärztlichen Prothetik bezeichnet man als Brücke einen Ersatz verlorengegangener Zähne, der an Zähnen des Restgebisses so befestigt ist, daß der gesamte Kaudruck auf die Tragzähne übertragen und ausschließlich durch natürliche Wurzeln auf den Kiefer weitergeleitet wird.

An einer Brücke unterscheidet man:

1. das Brückenfundament
2. die Pfeilerung
3. die Brückenanker
4. den Brückenkörper.

Das *Fundament*, das heißt die «biologische Unterlage» einer Brücke umfaßt die Konstitution und den Gesundheitszustand des Körpers, die Kieferknochen, Alveolarknochen, das Zahnfleisch, die Zunge u. a.

Die *Pfeilerung* ist die Summe aller Pfeilerzähne, das heißt der Zähne, die das Gewicht der Brücke tragen. Die Tragfähigkeit der Brückenpfeiler bildet zusammen mit der Tragfähigkeit des Fundamentes die wichtigste Voraussetzung für die Konstruktionsmöglichkeit einer Brücke.

Der *Brückenanker* stellt die mechanische Verbindung zwischen Brückenkörper und Pfeilerzahn her. Durch ihn kann der Brückenkörper in seiner Lage fixiert und der Kaudruck, welcher den Brückenkörper trifft, auf die Pfeiler übertragen werden. Ferner muß der Brückenanker den Pfeilerzahn vor jeder äußeren Schädigung schützen, sei diese mechanischer oder parasitärer Natur. Ein Brückenanker kann seinen Zweck nur dann erfüllen, wenn er gegen Torsion und Dislokation während der Kau Tätigkeit gefest ist. Die meisten Mißerfolge bei Brückenkonstruktionen werden auf mangelnde Retention der Anker zurückgeführt; die Schädigung der Pfeiler durch eintretende Karies ist oft die Folge einer Lockerung der Brückenanker. Bei fixen Brücken übernimmt der Brückenanker alle beschriebenen Funktionen, das heißt die Fixierung des Brückenkörpers und den Schutz des Pfeilers, und wird daher als Vollanker bezeichnet. Bei abnehmbaren Brücken findet man einen primären Brückenanker, der den Brückenkörper mit dem Pfeilerzahn verbindet, und einen sekundären Anker, der den Pfeilerzahn schützt. Ein tertiärer Anker ist bei bedingt abnehmbaren Brücken in Form einer Schraube oder eines Geschiebes mit dem Zweck vorhanden, den primären und sekundären Anker zusammenzuhalten.

Schließlich übernimmt der *Brückenkörper* die Nahrungszerkleinerung und füllt die durch extrahierte Zähne entstandenen Lücken.

Der Zweck unserer Arbeit besteht nun darin, die Retentionsfähigkeit einiger Teilkronen als Brückenanker auf vitalen Zähnen in vertikaler Richtung zu prüfen, um die erhaltenen Resultate in bezug auf die verschiedenen Kavitätenformen vergleichen zu können.

2. Die verschiedenen Belastungen des Brückenankers während des Kauaktes

Durch eine Brückenarbeit versuchen wir als erstes, die Kau funktion eines Gebisses zu verbessern oder im besten Fall vollständig wiederherzustellen, ist doch die kaumechanische Leistung die wichtigste Aufgabe einer Brücke vor ihrer ästhetischen Funktion und ihrer Beteiligung an der Sprachbildung.

Die mechanische Zerkleinerung der Nahrung, die den Kauakt charakterisiert, erfolgt durch die Tätigkeit der Kaumuskulatur, die unter Druckeinwirkung den Unterkiefer und die untere Zahnreihe

gegen und entlang der oberen Zahnreihe bewegt. Der Kauakt setzt sich aus drei Grundbewegungen zusammen, die durch die Anlage und die Funktion der Muskeln sowie die Bauart des Gelenkes bedingt werden. Das Öffnen und Schließen, die Vor- und Rückwärtsverschiebung und die Seitwärtsverschiebung koordinieren sich bei den Kaubewegungen und bringen so den Kauvorgang zustande.

Die Kaubahn, das heißt «die graphische Darstellung der Bewegung eines Punktes des unteren Kauflächenkomplexes beim Kauen im Raum auf eine Ebene projiziert», erlaubt das Studium der Einzelheiten dieses Vorganges und insbesondere die Bestimmung der Richtung des Kaudruckes und der auftretenden Belastungen.

Der während des Kauaktes auf die Zähne ausgeübte Druck besteht beim Schließen in die zentrale Okklusion sowie beim Schließen in die sogenannte Höcker-auf-Höcker-Stellung nur aus einer vertikalen Komponente. Die Wurzeln der Antagonisten bilden nämlich einen weit offenen Winkel, so daß die Längsachsen der Zähne in der gleichen Richtung betrachtet werden können.

Bei den Reibebewegungen kommt aber auch eine horizontale, je nach der Richtung der Kraft frontal oder sagittal gerichtete Druckkomponente zustande. Sie ist normalerweise immer kleiner als die vertikale.

Die Belastung der Verankerung besteht teils aus Kräften, teils aus Momenten. Der Brückenanker, der mit dem Brückenkörper starr verbunden ist, ist nicht nur der Wirkung seiner direkten Antagonisten ausgesetzt, sondern auch Kräften, die auf dem Brückenkörper oder auf dem Gegenpfeiler zur Wirkung kommen. Die Entstehung der kippenden oder drehenden Momente, mit dem Brückenkörper als Arm, ist auf die mehr oder weniger ausgeprägte Bewegungsmöglichkeit der Zähne in ihren Alveolen zurückzuführen.

Eine senkrechte Komponente versucht im allgemeinen die Verankerung auf den Pfeiler anzudrücken. Bei korrekt präparierten Kavitäten und modellierten Höckern besteht keine Tendenz zur Dislokation. Hier entsteht durch die pulpalen und gingivalen Wände eine gleich große entgegengesetzte Kraft.

Die durch die Reibebewegungen der Zähne entstehende waagrechte Komponente versucht eine Einlage horizontal aus ihrer Kavi-

tät zu dislozieren oder sie herauszukippen, und beides in sagittaler oder transversaler Richtung. Vertikale Wände, senkrecht zur Richtung der Kraft, können diese Bewegungen hindern.

Die Retention wird damit durch möglichst senkrecht aufeinanderliegende Wände erzielt. Über die Retentionsform der Gußfüllungen sagt *Loos*: «Unter Retentionsform verstehen wir eine nach besonderen Prinzipien hergestellte Form der Kavität, die in ihrer räumlichen Beschaffenheit einen zuverlässigen Halt der Füllung gewährleistet. Die allen Retentionsarten gemeinsamen Merkmale sollen glatte, steil abfallende Wände, scharfkantige Ecken und ein ebener Boden sein. Die Retentionsform der Gußfüllungen ist charakterisiert durch ebenen Boden, steile nach okklusal ein wenig divergierende Wände, dicke, widerstandsfähige Kanten mit abgeschrägten Rändern und die bei approximalen Kavitäten durch das Abtragen des Randwulstes entstehenden Schliffflächen.» Die Retention kann durch einzelne Sperrvorrichtungen erhöht werden (Schwalbenschwanz, Auskehlungen, Zapfen, Rillen, Gruben, Stiftchen usw.).

Bei den einzelnen Metalleinlagen spielen Stellung und Beweglichkeit eines Zahnes eine untergeordnete Rolle; durch günstige Modellierung der Kaufläche und Auswahl einer günstigen Einsetzrichtung können schädigende, lockernde Druckwirkungen ausgeschaltet werden. Dies ist bei Brückenankern nur sehr beschränkt möglich. Die Einsetzrichtung einer Brücke stellt in den meisten Fällen eine Senkrechte zur Kauebene dar. Dies bedeutet, daß bei normal stehenden Bikuspidaten und Molaren die Achse der Präparation mit der Achse des Zahnes zusammenfällt. Bei oberen Front- und Eckzähnen mit ihrer labialen Stellung fällt die Achse der Präparation mit einer Parallelen zum inzisalen Drittel der Labialfläche des Zahnes zusammen.

Ist nun ein Zahn in seiner Stellung gekippt, so muß – kann überhaupt ohne Gefährdung der Pulpa eine Kavität für einen Retainer präpariert werden – die Wirkung des Kaudruckes berücksichtigt werden. Durch senkrechten und schrägen Druck wird der Zahn nur noch mehr gekippt, und es besteht die Neigung, diesen aus seinem Anker herauszurotieren. Um dies zu verhindern und die Retention zu erhöhen, muß der Brückenanker eine genügend große, zur Kipprichtung senkrechte Fläche haben, die dem Zahn eine Stütze gegen

die Rotation bietet. Bei einem in die Lücke des Sechсers nach mesial gekippten unteren zweiten Molar zum Beispiel muß die mesiale Fläche besonders breit und tief präpariert werden.

Die Eigenbeweglichkeit der Zähne verursacht bei einer Brücke auch die Entstehung von Zug- und Drehmomenten. Ein Zahn kann sich in drei Richtungen bewegen: bukkolingual, mesiodistal und vertikal. Jede dieser Bewegungen stellt an die Verankerung besondere Anforderungen. Als Beispiel diene eine fixe Brücke seitlich zwischen dem zweiten unteren Prämolар und dem zweiten Molar. Tritt nun eine Kraft in bukkolingualer Richtung ein, und ist einer der Pfeiler in diese Richtung beweglicher, dann fällt die Hauptbelastung auf den Retainer im festeren Zahn. Die Krone des beweglicheren Pfeilers beschreibt einen Bogen, dessen Zentrum in der apikalen Gegend seiner Wurzel liegt. Auf Grund dieser Bewegung wird durch die Vermittlung des starren Brückenkörpers die Verankerung im zweiten Zahn in zwei Richtungen beansprucht: einmal wird sie durch die seitliche Verschiebung des ersten Zahnes um die Längsachse gedreht, ferner wird sie durch die Rotationswirkung um die mesiodistale Achse gekippt. Dieser letzten torsionalen Kraft kann eine Einlage erfolgreich Widerstand leisten, deren bukkale und linguale Wände in der Richtung der Längsachse des Zahnes genügend hoch und parallel sind. Bei Furnierkronen wird der Widerstand gegen die Rotation um die mesiodistale Achse hauptsächlich durch die bukkalen und lingualen Wände der axialen Rillen gewährleistet. Der Querschnitt durch diese Rillen bei Front- und Eckzähnen bildet ein Dreieck. Bei Prämolaren und Molaren sind sie meist halbrund oder rechteckig angelegt. Über Verankerungen im Frontzahngebiet sagt *von Lidniczer*, daß diese Belastungen aus jeder erdenklichen Richtung ausgesetzt sind. Nach ihm ist das Drehmoment um die mesiodistale waagrechte Längsachse das schädlichste, weil dieses unmittelbar auf alle Pfeiler übertragen wird. Dies bedeutet für die Anker eine große Belastung, was die Praxis beweist; wenn nämlich der Anker einer Endpfeilerbrücke zugrunde geht, so zeigt es sich zuerst an der Schneidekante, daß er sich vom Pfeiler löst.

Die Rotation um die Längsachse wird bei Metalleinlagen verhindert:

1. durch parallele bukkale und linguale Wände sowohl der appro-

ximalen Nischen als auch der okklusalen Rille. Dabei müssen sich die beiden Wände möglichst weit über die okklusale Fläche erstrecken, was besonders bei proximo-okklusalen Einlagen zu berücksichtigen ist;

2. durch genügend breite, möglichst parallele und zur Kauebene senkrechte Schliffflächen.

Bei partiellen Furnierkronen, hauptsächlich an Frontzähnen, leisten wiederum tiefe seitliche Rillen wirksamen Widerstand gegen Drehung. *Strunz* schreibt: «Die seitlichen Rillen wirken den Drehmomenten günstig entgegen, da sie den Zahn an seinen beiden äußersten Punkten fassen.» Die inzisale Rille kann bei Frontzähnen selten so tief angelegt werden, daß sie Kippung und Drehung wirksam verhindern könnte. Sie kann höchstens einen Beitrag zur Retention leisten, indem sie eine Kippung in labialer Richtung ausschließt.

Die Pfeiler einer Brücke können sich ferner in mesiodistaler Richtung bewegen, und zwar im Frontzahnggebiet durch Einwirkung transversaler Kräfte, bei Prämolaren und Molaren durch sagittale, auf die Kaufläche diagonal auftreffende Kräfte. Die Zähne bewegen sich auch hier in einem Kreis, dessen Mittelpunkt an der Spitze der Wurzel liegt. Die Anker der vorhin als Beispiel erwähnten Brücke weisen die Tendenz auf, um die bukkolinguale Achse herum aus den Pfeilern herausrotiert zu werden. Zwei zur Bewegungsrichtung rechtwinklig liegende Stützflächen an jeder Einlage bieten gegen diese Art von Bewegung genügend Halt. Daher müssen bei Inlays die axialen Wände in den approximalen Nischen, sowie die Schliffflächen genügend hoch, beinahe parallel und möglichst senkrecht zur Okklusalfäche sein. Bei zweiseitigen Füllungen (M-O-Inlay) der Prämolaren und Molaren kann der Schwalbenschwanz oft wegen Gefährdung der Pulpa zu wenig tief ausgeprägt werden, um in dieser Richtung erfolgreich Widerstand zu leisten. Die Retention kann dann durch die Verlängerung des Schwalbenschwanzes bis tief in die bukkale und palatinale Fläche des Zahnes erhöht werden. Bei 4/5-Kronen tragen zervikal tief reichende, möglichst senkrecht zur Kauebene liegende, seitliche Rillen zur Retention in mesiodistaler Richtung bei.

Bewegt sich bei unserer einspannigen Endpfeilerbrücke nur einer der zwei Pfeiler in mesiodistaler Richtung, dann fällt die Haupt-

belastung wieder auf den Anker im festeren Zahn, so daß die Einlage in diesem fast senkrecht aus ihrer Kavität gerissen wird. Hohe, beinahe parallele axiale Wände helfen auch hier, diese Dislozierung zu verhüten.

Als letzte sind die Folgen der vertikalen Verschiebung eines Verankerungszahnes zu besprechen. Diese Bewegungsrichtung, die durch eine ausgedehnte Resorption des Alveolarknochens ermöglicht wird, bildet nie die einzige Bewegung eines Zahnes, sondern tritt bei einem schon in jeder Richtung lockeren Zahn auf. Bewegt sich zum Beispiel bei der vorhin angegebenen Endpfeilerbrücke der Prämolare auch in vertikaler Richtung, dann versucht die Hebelwirkung mit Stütze auf die mesiale Kante die Einlage um die bukkolinguale Achse des Molars zu kippen.

Der vertikale Druck kann ferner einen vertikal beweglichen Zahn aus seinem Anker herausreißen, wenn dieser Anker durch den Brückenkörper festgehalten wird, und die Antagonisten den betreffenden Zahn direkt auf seine Höcker treffen. (Mittlerer Pfeiler einer fixen Brücke.) Solche Pfeiler muß man durch Überdeckung der gesamten Kaufläche schützen.

Die Belastung der Brückenanker während der Kautätigkeit sowohl in bezug auf Richtung wie auf Größe der einwirkenden Kräfte und Momente hängt weiter von einer Anzahl anderer Faktoren ab. Diese müssen bei der Konstruktion einer Brücke genau berücksichtigt werden. So spielt Zahl und Verteilung der Pfeiler im Bogen eine Rolle. Von Bedeutung ist ebenfalls die Form, die Breite und Länge des Brückenkörpers sowie die Elastizität des verwendeten Materials. Es ist zum Beispiel bekannt, daß der Brückenkörper einen möglichst geradlinigen Verlauf haben muß, damit gefährliche Kippwirkungen vermieden werden. Die Leistung der Kaumuskelatur, die Natur des Bisses, Form und Typ der Antagonisten sind für die Größe der Belastung ebenfalls maßgebend.

Die Verwendung eines zu weichen und nachgiebigen Metalls begünstigt die Lockerung eines Retainers, der durch die einwirkenden Kräfte deformiert wird. Dies zeigt sich besonders deutlich an approximo-okklusalen Einlagen und bei 4/5-Kronen, deren mesiale und distale Schenkel aufgespreizt werden. Der Verlust des innigen Kontakts mit den Zahnwänden eröffnet die Möglichkeit der Verlagerung. Um diese Deformation zu verhindern, wird eine genügend

dickwandige Einlage aus einer Hartgoldlegierung verwendet, deren Funktion wenn möglich noch durch die «zervikale Blockierung» unterstützt werden kann; durch eine kleine Grube, durch Zapfen oder Stiftchen in der gingivalen Wand der approximalen Nischen wird das Aufspreizen der Schenkel der Einlage verhindert.

Für 4/5-Kronen, besonders im Frontzahngebiet, wo die «zervikale Blockierung» schwer durchzuführen ist, empfiehlt *Hoff* eine Stufe palatinal im gingivalen Teil zu präparieren. Stellt man sich nämlich die 4/5-Krone gebildet aus einer Reihe von Bogen vor, deren Schenkel sich zervikal am Ende der approximalen Rillen vereinigen, so ist der gingival waagrecht gelegene Bogen der kürzeste. Die präparierte Stufe führt zu einer Verdickung der Einlage am Scheitel dieses kürzesten gingivalen Bogens und stellt so ein wirksames Hindernis gegen die Aufspreizung der approximalen Schenkel der 4/5-Krone dar. Diese Stufe unterstützt somit die inzisale Rille, welche in dieser Richtung eine bedeutende Rolle spielt.

3. Die Reibungsretention des Brückenankers

Die Retention einer unzementierten Einlage in ihrer Kavität entgegengesetzt der Einsetzrichtung beruht nur auf Reibungskontakt. Während nach allen anderen Richtungen Kavitätenwände eine Bewegung unmöglich machen, wird eine Bewegung der Einlage in oben genannter Richtung allein durch Reibung verhindert. Da diese Reibung durch engen Kontakt der Einlage mit den Kavitätenwänden zustandekommt, hängt die Retention der Einlage schließlich von ihrem Rand- und Flächenschluß in der Kavität ab. Nach *Greth* hat schon *Preißecker* in diesem Sinne eine Reihe von Untersuchungen durchgeführt und bestätigt, daß exakt sitzende Einlagefüllungen einen wesentlich besseren Halt haben als Füllungen, die den Kavitätenwänden nicht gut anliegen. Damit eine gute Retention in vertikaler Richtung erzielt wird, müssen Metall und Dentin nicht nur eng zusammenschließen, sondern womöglich einen Druck gegeneinander ausüben. Die Einlage muß unter Kraftanwendung in ihre Kavität eingeschoben werden. Einmal einzementiert, bieten solche Einlagen einen viel größeren Widerstand gegenüber in vertikaler Richtung reißen den Kräften als Einlagen, die leicht in ihre Kavität eingesetzt werden können.

Wedder unterscheidet bei Metalleinlagen und Brückenankern besonders zwei Retentionsarten: eine sogenannte interne Retention und eine externe Retention. Bei der internen Retention umfassen die Kavitätenwände die Metalleinlage, bei der externen Retention umfaßt die Einlage die Zahnkrone oder die Kavitätenwände. Bei approximo-okklusalen Einlagen zum Beispiel findet man die Kombination der beiden vorgenannten Retentionsarten: okklusal findet eine Umfassung der Einlage durch die Zahnwände statt, während approximal die Einlage das Dentin der Schliffflächen und der axialen Wände der approximalen Nischen umfaßt.

Die Reibung entsteht hauptsächlich an Stellen, wo eine externe Retention stattfindet: durch die leichte Zusammenziehung des Goldes bei seiner Erstarrung und Abkühlung, die allen Maßnahmen zum Trotz nicht zu verhüten ist, bewirken die «externen Wände» der Einlage (an der externen Retention beteiligt) eine Zusammenpressung des Dentins.

Während unserer Versuche wurde ein M-O-D-Inlay in Wachs modelliert und ohne Hartkern aus Einbettungsmasse eingebettet und gegossen. Das fertige Inlay kontrahierte sich so stark, daß es nur sehr schwer und nach mehreren Retuschen in seine genaue Endlage gebracht werden konnte. Man mußte wiederholt am inneren okklusalen Drittel der Schliffflächen abnehmen: die Kontraktion des langen und dicken okklusalen Balkens hatte sich hier besonders stark ausgewirkt. Das Inlay ließ sich auch sehr schwer aus seiner Kavität entfernen: die Retention der unzementierten Einlage in vertikaler Richtung erwies sich um ein Vielfaches höher als die der übrigen M-O-D-Einlagen, die mit Hartkern eingebettet wurden. Trotz ihrer Retention sind solche Einlagen praktisch unbrauchbar, da sie infolge der ausgedehnten Retuschen an den inneren Flächen an Genauigkeit und damit an Widerstand gegen dislozierende Kräfte einbüßen. Ein entsprechender Versuch an einem Ringinlay, bei dem die Wirkung der Kontraktion noch größer ist, zeigte, daß sich die Einlage überhaupt nicht mehr auf das Modell eindrücken ließ.

Je mehr «externe Wände» eine Einlage besitzt, desto günstiger ist ihre Retention: einen Beweis liefern die gegossenen Vollkronen und totalen Furnierkronen, die ihren guten Sitz der relativ größten Oberfläche an «klemmenden Wänden» verdanken. Unter den von

uns untersuchten Anker besitzt das proximo-okklusale Inlay die kleinste Oberfläche an «klemmenden Wänden», und zwar die proximale Schlifffläche und die axiale Wand auf der einen Seite, denen nur die proximal gelegenen Wände des okklusalen Schwalbenschwanzes gegenüberstehen. Die 4/5-Krone hingegen weist unter den Teilkronen die größte Fläche an externer Retention auf.

Ausdehnung, Richtung und Oberflächenbeschaffenheit der Wände einer Kavität können die Größe der Reibung stark beeinflussen.

Was die Ausdehnung betrifft, ist besonders ihre Tiefe gegen zervikal ausschlaggebend: Schliffflächen, approximale Nischen, Rillen bei 4/5-Kronen müssen für die Retention besonders lang sein. Darum haben die Teilkronen an Pfeilerzähnen mit langen klinischen Kronen sehr festen Halt.

Die optimale Richtung ist die Senkrechte zur Kauebene, das heißt für normalstehende Molaren und Prämolaren die Richtung der Zahnachse. Für die oberen Front- und Eckzähne mit ihrer bukkalen Stellung bildet die Senkrechte zur Kauebene eine Parallele zum inzisalen Teil der bukkalen Fläche. Bei den letztgenannten Zähnen muß die Präparation der Rillen, Nischen usw. in dieser Richtung erfolgen. Nur auf diese Weise kann die Parallelität der Anker bewahrt werden. Diese Richtung schräg zur Zahnachse erlaubt bei Frontzähnen die Anlegung von längeren seitlichen Rillen und Nischen, was für die Retention von Vorteil ist.

Zwei Einlageflächen, die einen Dentinkern umklammern, erzeugen mit ihrem Druck maximale Retention, wenn sie nicht nur senkrecht zur Kauebene, sondern auch parallel untereinander sind. Nach *Wedder* muß die Präparation von parallelen oder nahezu parallelen Wänden angestrebt werden: «Die Höhe der internen und externen Retention ist, mit Ausnahme bei der Verwendung von Stiftchen, durch die Länge von parallelen oder nahezu parallelen Wänden abhängig, das heißt je breiter und paralleler die Wände, desto größer die Retentionskraft der Einlage.»

Während bei Molaren und Prämolaren die mesialen und distalen Schliffflächen leicht parallel angelegt werden können, so daß sie viel zur Retention beitragen, müssen diese bei Front- und Eckzähnen aus ästhetischen Gründen (Form der Zahnkrone) gegen palatinal konvergierend angelegt werden, was natürlich eine Schwächung der Retention zur Folge hat. Das größere Gewicht der Re-

tention auch in vertikaler Richtung müssen so, je nach Einlage, Rillen, Nischen oder Stiftchen tragen.

Um gute Abdrücke zu erhalten und Verzerrungen des Wachses zu vermeiden, ist man in der Praxis gezwungen, den vertikalen Wänden eine leichte Neigung gegen die Oralfläche zu geben. Es werden im allgemeinen Winkel von 2 bis 10° zur Zahnachse empfohlen. Was die Beschaffenheit betrifft, wären raue Oberflächen zur Erlangung einer besseren Retention von Vorteil, doch könnten sie leicht zu verzogenen Abdrücken führen. Glatt geschliffene Wände sind, ganz abgesehen von ihren klar ersichtlichen Grenzen, auch aus oben erwähnten Gründen für eine exakte Arbeit vorzuziehen. Eine Erhöhung der Retention in vertikaler Richtung wird auch durch die Verwendung von härterem und elastischerem Metall und die damit erreichte Undeformierbarkeit der «klemmenden Wände» erzielt.

Die Retention eines Ankers wird somit durch Kavitätenformen jener Art begünstigt, die ebenfalls nach den verschiedenen anderen Richtungen Widerstand leisten. So ist zum Beispiel die Präparation von senkrechten parallelen Wänden nicht nur für die Retention in vertikaler Richtung von Vorteil, sondern sie wirkt ebenfalls erfolgreich, wie schon erwähnt, gegen Drehung der Einlage um die Zahnachse. Senkrecht zu einer kippenden Kraft gelegene hohe und parallele Wände hindern die Dislozierung der Einlage in dieser Richtung und tragen gleichzeitig zur Erhöhung der Retention in der Vertikale bei. Die Messung der Retentionskraft eines Ankers in vertikaler Richtung gibt also auch Aufschluß über die Größe der Retentionskraft gegen Kipp- und Drehwirkung.

4. Zusätzliche Retentionsmittel

a) Zemente

Die Retention eines Brückenankers entsteht:

1. durch geeignete Form der Einlage (Selbstretention);
2. durch ein Bindemittel.

Trotz sorgfältiger Präparation ist auch in günstigsten Fällen die Retentionskraft eines Brückenankers in vertikaler Richtung allein ungenügend, um den dislozierenden Kräften Widerstand zu leisten. Unter der Wirkung des Kaudruckes würde die Reibungskraft mit der Zeit nachlassen, hauptsächlich infolge Abnützung sowohl der

Dentinflächen als auch der kleinen Rauheiten des Metallgusses. Nach mehrmaligem Einprobieren einer satten Einlage sehen wir nämlich, daß sie leichter in ihre Endlage zu bringen ist. Hat sich die Einlage auch nur leicht aus ihrer Kavität emporgehoben, so sind oft auch schon Kipp- und Drehbewegungen möglich. Durch Anwendung eines Mittels, das die Einlage in ihrer Kavität fixiert, wird die volle Retention derselben erhalten. Diesem Zweck dient der Zement. Seine Haftfähigkeit ist für die Gesamtretention in vertikaler Richtung – eine gute Selbstretention der Einlage natürlich vorausgesetzt – von großer Bedeutung.

Die Haftintensität eines Zementes (unter Haftintensität eines Zementes versteht man das gute Festhalten einer Füllung in der Kavität) hängt von verschiedenen Faktoren ab, von denen die wichtigsten sind: die Klebekraft, die Kornfeinheit des Pulvers und die Druckfestigkeit.

Die Klebekraft beruht nach *Schönbeck* und *Kulka* auf dem Entstehen von Zwischenkörpern, welche durch Reaktion der Zementphosphorsäure mit der Zahnschmelze zustande kommen. Auch *Bödecker* schreibt, daß der Zement am Dentin entweder durch eine chemische Reaktion oder durch Rauhung des Zahnbeines durch die Säure haftet. An der Einlage haftet der Zement nur mechanisch.

Die Kornfeinheit des Pulvers erlaubt der Einlage das Eindringen in ihre genaue endgültige Lage, ferner ermöglicht sie dem noch dünnflüssigen Zement in jeden Spalt der immer vorhandenen feinen Rauigkeiten sowohl des Dentins als auch des Metalls einzudringen. Selbstverständlich spielt auch der Druck, unter dem die Einlage in die Kavität eingedrückt wird, eine Rolle.

Nach dem Erhärten des Zementes befinden sich zwischen Dentin und Metallrauigkeiten eine große Anzahl «Zementsäulen», welche Einlage- und Kavitätenwände miteinander verzahnen. An den Flächen, an welchen Metall und Dentin beim Herausreißen der Einlage aus der Kavität aneinander vorbeigleiten müssen (bei den senkrecht liegenden Wänden der Kavität), werden die Zementsäulen zerdrückt. Bei weit offenen Wänden der Kavität und am Boden derselben wird dagegen bei Beanspruchung der Einlage entgegengesetzt der Einsetzrichtung der weit kleinere Zugswiderstand des Zementes in Anspruch genommen, weil hier Metall- und Dentinwände direkt auseinander getrennt werden. Tiefe und möglichst

senkrechte Wände einer Kavität, denen die Metalleinlage eng anliegt, begünstigen somit nicht nur die Selbstretention, sondern tragen zur Erhöhung der Haftintensität des Zementes durch Ausnutzung seiner höheren Druckfestigkeit bei.

b) Stiftchen

Stiftchen können zur Erhöhung der Retention von Teilkronen an vitalen Zähnen verwendet werden. Sie sind meist aus rundgezogenem 20%igem Pt-Iridium-Draht, haben eine Länge von 2 bis 3 mm und einen Durchmesser von 0,5 bis 0,8 mm (*Vest, Boisson, Jeanneret*). Parallel zur Einsetzrichtung der Einlage, werden diese Stiftchen in genau passenden Kanälen im Dentin versenkt. Diese Kanäle sollen sich befinden:

1. an Stellen, die die Pulpa wenig gefährden;
2. möglichst weit voneinander entfernt, damit sie den dislozierenden Kräften besseren Widerstand leisten, und
3. aus dem gleichen Grund möglichst nah dem Angriffspunkt der Kraft.

Bei Schneide- und Eckzähnen wird man die Stiftchen an der Peripherie der Krone versenken, bei Bikuspidaten und Molaren am Ende der Fissuren und in der gingivalen Stufe.

Auf der klemmenden Wirkung des Dentins auf die einzelnen Stiftchen beruht deren Retention. *Vest* schreibt u.a.: «Jedes Stiftchen muß das eigene Stiftbett genau und vollständig ausfüllen, wodurch zwischen Stift und Kanalwandungen flächenhafter Reibungskontakt wirksam auftritt.»

Die Retention wird auch durch die Zusammenpressung eines Dentinkerns, der zwischen zwei oder mehreren Stiftchen liegt, erhöht. Diese Zusammenpressung wird durch die Goldkontraktion begünstigt.

Gezogener Draht mit Pt-Iridium-Zusatz besitzt genügend Festigkeit, um den verschiedenen Belastungen während des Kauaktes Widerstand zu leisten. Stiftchen aus diesem Draht besitzen aber eine glatte Oberfläche: hier findet eine mechanische Haftung von Zement nur beschränkt statt. Der Retentionswert solcher Stiftchen entgegengesetzt der Einsetzrichtung ist darum nur gering. *Jeanneret*, der die Retentionsfähigkeit einiger einzementierter Stiftchen in dieser Richtung prüfte, fand für solche von 0,6 mm Dicke und 2 mm

Länge einen durchschnittlichen Retentionswert von 0,290 kg. Entsprechend gleiche, aber konisch gegossene Stifte ergaben dank ihrer rauen Oberfläche und trotz ihrer für die Retention ungünstigen Form einen Wert von 4,230 kg. An den glatten Stiftchen wurden mit einer Feile Einschnitte angebracht: ihre Retention erreichte einen Durchschnittswert von 5,750 kg. Entsprechend angeraute konische Stifte erreichten nur einen Wert von 5,425 kg. Damit bewies *Jeanneret* die Überlegenheit der zylindrischen Stifte und die Wichtigkeit ihrer Oberflächenbeschaffenheit für die Zementbefestigung: «Le cylindre rugueux surclasse donc le cône et la preuve est faite que l'avantage du crampon coulé sur le crampon lisse tenait au grain de la surface.» Die größte Retention zeigten zylindrische Stifte, in deren Außenfläche ein kleines, dichtes Schraubengewinde eingeschnitten war. Damit war es nämlich gelungen, ein Feld von ununterbrochenen Einschnitten anzubringen ohne die Festigkeit der Stifte zu gefährden. Der Wert ihrer Retention erreichte 7,475 kg und überbot 25,8mal denjenigen der glatten Stifte.

Im praktischen Teil unserer Arbeit werden wir auch prüfen, ob sich die Retentionserhöhung von Stiften mit Schraubengewinde auch in Verbindung mit den Einlagen so deutlich wiederholt.

Eigene Untersuchungsergebnisse

Zweck unserer Untersuchungen ist, wie eingangs schon erwähnt, die gebräuchlichsten Brückenanker auf ihre Retentionsfähigkeit entgegengesetzt der Einsetzrichtung zu prüfen, Durchschnittswerte zu schaffen, um Vergleiche zwischen den verschiedenen Ankertypen ziehen zu können. Es handelt sich also nicht darum, absolute, den Verhältnissen im Munde möglichst naheliegende Werte zu finden; denn reine Laboratoriumsversuche eignen sich schwerlich dazu. Unsere Arbeit antwortet also weniger auf die Frage: «Welche Retention in vertikaler Richtung besitzt zum Beispiel eine proximo-okklusale Verankerung?» Sie will vielmehr zeigen, um wieviel sich die Retention erhöht, wenn am gleichen Zahn und unter den gleichen Bedingungen anstatt zum Beispiel eine proximo-okklusale Einlage eine mesio-okklusale Einlage oder ein Ringinlay als Verankerung gebraucht wird. Oder wieviel mehr Retention eine approximo-okklusale Einlage besitzt, wenn sie mit Stiftchen ver-

sehen wird oder in diese Stiftchen sogar ein Schraubengewinde eingeschnitten wird.

Wir beschränken unsere Untersuchungen auf Molaren und Frontzähne: für Eckzähne und Bikuspidaten dürften wohl ähnliche Vergleichswerte Gültigkeit haben.

Die erste Frage, die sich erhob, war, ob diese Versuche sich direkt an präparierten Zähnen durchführen ließen. Das mußte verneint werden. Reißversuche können wohl an natürlichen Zähnen durchgeführt werden. Die erhaltenen Werte kommen sogar, wenn man frisch extrahierte Zähne dazu verwendet, näher an die wirklichen Verhältnisse im Munde. Es erhoben sich jedoch einige Schwierigkeiten.

Erstens wollte man alle Kavitätentypen schrittweise am gleichen Zahn präparieren, um wirkliche Vergleiche zwischen den erhaltenen Werten ziehen zu können. An einem gleichen Zahn lassen sich jedoch ohne Zementaufbauten nur wenige Präparationen durchführen, wie wir dies noch sehen werden. Zementaufbauten sind aber, übrigens wie der Zahn selber, einer so großen Beanspruchung, wie sie die lange Reihe von Reißversuchen darstellt, nicht gewachsen.

Zweitens wünschte man von jedem Kavitätentyp eine Reihe von gleichen Präparationen, um Durchschnittswerte zu erhalten. Dabei wurde folgendermaßen vorgegangen:

Als Frontzahn wählte man einen oberen, rechten mittleren, kariesfreien Inzisivus von normaler Größe. Die Einsetzrichtung für alle Anker an diesem Zahn wurde wie in Wirklichkeit parallel zum inzisalen Drittel der labialen Zahnfläche festgesetzt. Zuerst wurde eine mesio-okklusale Kavität vorbereitet: Schlißfläche und rechteckige Nische proximal, palatinaler Schwalbenschwanz. Die Neigung der Wände zum pulpalen und gingivalen Boden wurde um 20° offener als die Senkrechte gehalten. Die Schnittfläche, leicht nach palatinal geneigt, bildete mit der Zahnachse einen Winkel von 8° . Von dieser Kavität wurde mittels Kupferring ein Abdruck genommen, der mit warmem Wachs ausgestopft wurde. Als Abdruckmasse bewährte sich die Kerr-Impressionspaste, weil genügend wärmeresistent, so daß sie sich im Kontakt mit dem warmen Wachs nicht veränderte. Mehrere Wachsmodelle wurden auf diese Weise hergestellt und in Duraluminium gegossen. Die Metallmodelle gaben alle die proximo-okklusale Kavität getreu wieder. Duraluminium

wurde wegen seiner hohen Festigkeit, genügenden Härte und seiner leichten und ziemlich porenlosen Gießbarkeit bei Zugabe von genau dosiertem Flußmittel verwendet.

Am gleichen natürlichen Zahn wurde dann die M-O-Kavität einfach zu einer M-O-D-Präparation erweitert. Die Neigung der neuen Wände und der neuen Schlifffläche war die gleiche wie bei der M-O-Präparation.

Nach der Herstellung von Metallmodellen der M-O-D-Präparation stopfte man approximale und orale Rillen mit Zement aus. Von der vorherigen Präparation blieben am natürlichen Zahn somit nur die zwei approximalen Schnittflächen. Dann wurde die orale Fläche von der Schneidekante bis 1 mm über die Gingivallinie geschliffen. Die Schneidekante wurde oralwärts um 30° abgeschrägt und die labiale Zahnfläche vollständig freigehalten. Dann schliff man eine Kerbe gingival in der Gegend des Cingulums, eine zweite inzisal an der Grenze des mittleren und oberen Drittels der Pfeilerkrone. In die Kerben wurden noch Nischen, zwei in die Inzisale und eine in die Gingivale, eingeschliffen. Der Boden von Nischen und Kerben war senkrecht zur ausgewählten Einsetzrichtung. Von dieser Präparation wurde ein Abdruck genommen und Duraluminiummodelle hergestellt. In diesen Modellen wurden mit dem Parallelometer senkrecht in den Boden der drei Nischen Kanäle von 2 mm Länge und 0,8 mm Durchmesser ausgebohrt. Damit erhielt man eine Reihe von gleichen Präparationen für die Stiftchen-Leisten-Einlage.

Nischen und Kerben wurden am Zahn wieder genau mit Zement geschlossen. Der bis jetzt unberührte zervikale Schmelzwulst an der oralen Seite wurde nun in die Präparation einbezogen und mit einem kleinen zylindrischen Stein weggeschliffen, so daß eine glatte Abschrägung vorhanden war. Auf der Schneidekante in der Mitte zwischen labialer und oraler Begrenzung der oralen Abschrägung wurde eine 2 mm tiefe, dreieckige inzisale Rille eingeschnitten. Von beiden Enden der Schneidekantenrinne wurden die seitlichen Rillen parallel zum inzisalen Drittel der Labialfläche bis in die approximolabio-gingivale Ecke eingeschliffen. Dies war die Präparation für die 4/5-Krone.

Nach der Herstellung der Modelle schritt man zur Präparation der Krallenauflage. Zu diesem Zwecke wurden die Rillen am Zahn

mit Zement wieder geschlossen: von der $4/5$ -Krone blieben dann nur die geschliffenen mesialen, distalen, oralen und labialen Flächen. In Wirklichkeit werden für die Präparation von Krallenauflagen diese Flächen nicht so stark geschliffen wie für die $4/5$ -Krone: der Querschnitt des Zahnes bleibt besser erhalten. Die approximalen Schnittflächen sind von bukkal nach oral abgewinkelt. Es ist dies der eigentliche Vorteil der Krallenauflagen, daß keine größeren Dentinzonen freigelegt werden. Für unsere Versuche ist aber eine solche Abweichung von der eigentlichen Präparation sowohl an Frontzähnen wie auch an Molaren belanglos. Aus diesem Stumpf also entstand die Krallenauflage, indem man in die bukko-approximalen Kronenkanten eine flache Rille für die mesialen und distalen Krallen der Teilkrone einschliff.

Ähnlich ging man an Molaren vor. An einem normalen, kariesfreien, unteren rechten, zweiten Molar präparierten wir zuerst eine mesio-okklusale Kavität: proximal rechteckige Nische und die Schlifffläche, okklusaler Schwalbenschwanz.

Die pulpalen und gingivalen Flächen wurden senkrecht zur Zahnachse gehalten. Die seitlichen Kavitätenwände bildeten mit der Zahnachse einen Winkel von 2° , die proximale Schlifffläche einen solchen von 8° . Aus dieser Kavität wurde weiter eine M-O-D-Einlage präpariert. Die Neigung der Wände wurde beibehalten.

Dann wurde die linguale Wölbung des Zahnes geschliffen. Diese neue, äußere Kavitätenwand wurde an der proximo-lingualen Kante mit den Schliffflächen verbunden. Eine Rille verband sie ebenfalls mit dem okklusalen Teil und ließ die lingualen Höcker frei. So wurde das Ring-Inlay präpariert.

In der Folge wurden die seitlichen Nischen mit Zement geschlossen und halbrunde Rillen neu ausgeprägt, die bleibenden, beim Ring-Inlay noch unberührten Kauflächenteile wurden geschliffen, so daß nur die bukkale Fläche des Zahnes frei blieb. Damit war die Präparation für eine $4/5$ -Krone entstanden.

Aus der $4/5$ -Krone stellte man durch Schließen der approximalen und okklusalen Rillen mit Zement und Einschneiden von axialen Rillen in die mesio-labialen und disto-labialen Kanten die Präparation für eine Krallenauflage her. Hier, wie am Frontzahn, wich die Präparation leicht von der wirklichen ab.

Die komplexe Einlage wurde einfach durch Zudecken der ganzen

Kaufläche der unveränderten M-O-D-Duraluminiummodelle hergestellt.

Aus je einem Molar und Frontzahn konnte man auf diese Weise eine Reihe von Präparationen erhalten, die alle sozusagen eine gemeinsame Grundform besaßen, da eine Kavität aus einer anderen einfach durch Weiterschleifen und Anbringen von kleinen Zementaufbauten entstand. Analoge Wände hatten somit bei allen Kavitäten der einen oder anderen Reihe gleiche Ausdehnung und Neigung.

Jedes Modell besaß eine lange, mit tiefen Einschnitten versehene Wurzel aus gleichem Material. Die Wurzeln steckte man bis zur Kronengrenze in einen Gipssockel.

Mit Hilfe eines Parallelometers wurden in einigen ausgewählten Kavitätentypen in der Einsetzrichtung der späteren Einlage genau kalibrierte, parallele Kanäle für die Aufnahme von Stiftchen eingebohrt. Tiefe dieser Kanäle 2 mm, Durchmesser 0,8 mm. Wie schon bei der Stiftchenleistenpräparation, wurde bei den M-O- und M-O-D-Kavitäten der Molaren senkrecht zur pulpalen und gingivalen Wand je ein Kanal am Ende der Fissuren, im Schwalbenschwanz und in die gingivale Stufe eingebohrt. Bei Frontzähnen wurde in der Kavität der 4/5-Kronen, parallel zu den seitlichen Rillen, ein entsprechender Kanal im Tuberkulum eingebohrt. In jeden Kanal wurde ein genau passendes, glattes, rundgezogenes 20%-Pt-Iridium-Stiftchen versenkt, das hackenförmig aus seinem Bett herausragte.

Die nächste Etappe unserer Arbeit befaßte sich mit der Herstellung der Einlagen. Für diese wurde 20karätiges Gold verwendet. Während des ganzen Arbeitsganges, sowohl bei der Herstellung der Duraluminiummodelle als auch der Goldteilkronen, war man bestrebt, möglichst gleiche Bedingungen herzustellen.

Zuerst wurde für alle Objekte dasselbe Blaumodellierwachs (*Kerr*) gebraucht. Es wurde in plastischem Zustand in die Kavität gebracht und mit einem heißen Spatel besonders an den Knickstellen weiter bearbeitet, um latente elastische Stauungen zu bekämpfen. Für die Einlagen wurden Gußstiftchen von 1 mm Dicke gebraucht. Bei größeren Modellen wurden zwei 0,8 mm dicke Gußstifte schräg und mehr peripherisch in Wachs versenkt; ihre beiden freien Enden wurden mit Klebewachs befestigt. So bildeten sie eine

Art starren Bügels, der ein Entfernen des Modelles aus der Kavität ermöglichte, ohne dasselbe zu deformieren.

Das Einbetten erfolgte mit Duroterm und abgekochtem Wasser von Zimmertemperatur (19°). Wie *Demisch* empfiehlt: in das Wasser wurde solange Pulver eingestreut, bis das Pulver das Wasser vollständig aufgesogen hatte, worauf mit einem Spatel zu dick-sahnigem Brei verrührt wurde. Zuerst wurde mit einem Pinsel auf das entfettete Modell ein etwa $\frac{1}{2}$ cm dicker Kern aufgetragen. Nach 30 Minuten wurde fertig eingebettet. Nach weiteren 40 Minuten ließ man das Wachs auf 300° ausbrennen, dann wurden die Zylinder auf Rotglut (etwa 650°) gebracht.

Das Duraluminium wurde (wie Aluminium) nach dem Verschwinden der Rotglut gegossen.

Das Gold wurde in dem Moment gegossen, wo das Metall nach dem Aufschmelzen spiegelte. Es wurde mit dem Schleudergußverfahren gearbeitet.

Für unsere Experimente wurden nur solche Metalleinlagen verwendet, die sich ohne Retusche restlos und genau in ihre Kavitäten aufdrücken ließen.

Es handelte sich jetzt darum, ein möglichst widerstandsfähiges Aufhängesystem zu finden, das die Metallanker genau in der umgekehrten Einsetzrichtung belasten und aus der Kavität ausreißen konnte. Zu diesem Zweck wurden 2 mm dicke und $1\frac{1}{2}$ cm lange Pt-Iridium-Stifte aus rundgezogenem Draht vorbereitet. An der einen Extremität von jedem Stift, rings um denselben und genau senkrecht zu seiner Achse wurde ein kleiner Drahring angelötet. Kleine Lötüberschüsse wurden mit einem Steinchen peinlichst entfernt.

Ein Duraluminiummodell wurde auf dem beweglichen Tisch des Parallelometers fixiert: die Kavität wurde dann so gerichtet, daß die Einsetzrichtung der Einlage mit der vertikalen Längsachse des Parallelometers übereinstimmte, was mit Hilfe eines am beweglichen Arm des Parallelometers befestigten Kontrollstiftes geschah. Die Metalleinlage wurde dann in ihre Kavität eingesetzt. An Stelle des Kontrollstiftes wurde jetzt der dicke Pt-Iridium-Stift so eingespannt, daß das glatte Ende gegen die Einlage gerichtet war. Mit Hilfe des beweglichen Armes wurde der Stift auf die Mitte der Kaufläche gebracht, in ein vorbereitetes Loch gesenkt und fixiert.

Stift und Einlage wurden, mit Klebewachs zusammen befestigt, aus dem Parallelometer genommen, eingebettet und gelötet. Auf diese Weise waren die dicken Stifte an die Metalleinlagen gelötet, und zwar in der genauen Entfernungsrichtung aus ihrer Kavität und möglichst im Mittelpunkt der Kaufläche.

Ein Eisenrohr von 5 cm Durchmesser wurde in mehrere Zylinder von 7 cm Höhe aufgeteilt. Auf der Drehbank wurden ihre Ränder genau parallel zueinander und senkrecht zur Längsachse «gehobelt».

Ein Duraluminiumzahn wurde von seinem Gipssockel befreit, die Einlage wieder in ihre Kavität eingesetzt und das Ganze mit dem dicken Stift wieder im Parallelometer in der Richtung der Längsachse aufgehängt. Der bewegliche Tisch des Parallelometers wurde in seine Schlußstellung senkrecht zur Längsachse zugeschraubt. Darauf wurde, direkt unter dem aufgehängten Zahn, einer der vorbereiteten Zylinder fixiert und knapp bis an seinen Rand mit Hartgips gefüllt. Durch Betätigung eines Hebels am Arm des Parallelometers konnte man den aufgehängten Zahn bis zur Kronengrenze in den weichen Gips tauchen und bis zur Erhärtung fixieren (siehe Abb. 1).

Durch diesen Vorgang befand sich der Platiniridiumstift:

1. in der Einsetzrichtung der Einlage und
2. senkrecht sowohl zum oberen wie zum unteren Rand des Zylinders.

Aus einer ebenen, runden Eisenplatte von etwa 1 cm Dicke verfertigte man durch Anschweißen von langen, dünnen Eisenröhren einen dreibeinigen Tisch und richtete dessen Stellung mit Hilfe einer Wasserwaage genau horizontal. Die Platte besaß in der Mitte ein rundes Loch von ungefähr 2 cm Durchmesser. Stellte man einen der Zylinder auf den Tisch, so waren seine Ränder wie auch der kleine, angelötete Ring am Platiniridiumstift horizontal, der Stift selber lotrecht (siehe Abb. 2). Diese Lage änderte sich nicht, wenn man den Zylinder um 180° drehte, den Zahn mit der Einlage in das Loch des Tisches steckte, so daß der Stift unter der Platte hinausragte. Zog man nun lotrecht am Stift, so wurde die Einlage genau entgegengesetzt der Einsetzrichtung aus der Kavität gerissen.

Um diesen lotrechten Zug durchzuführen, bediente man sich einer Beißzange. Diese wurde entsprechend vorbereitet, und zwar wie folgt: An den inneren Flächen ihrer Griffe wurde eine aus fünf

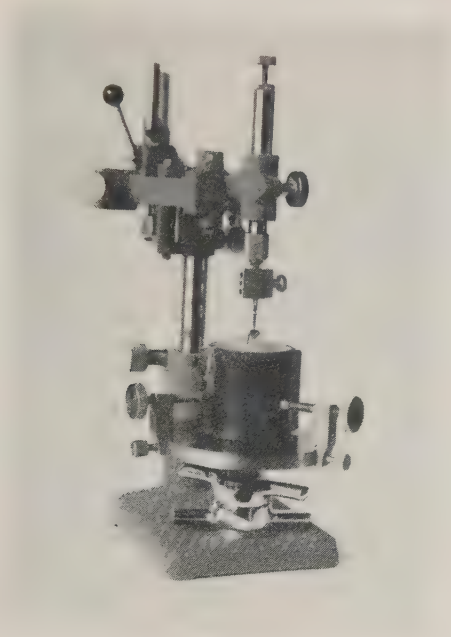


Abb. 1

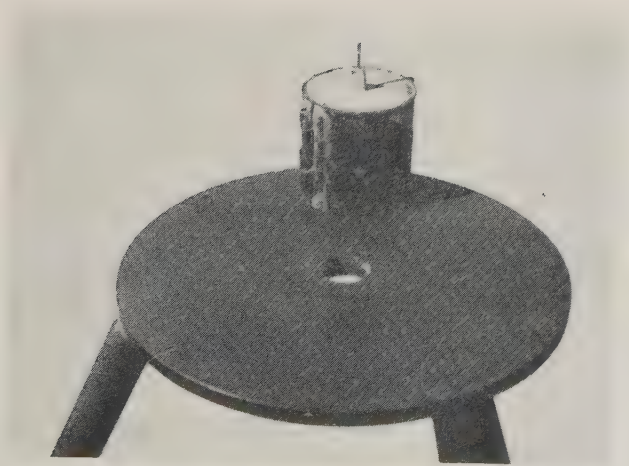


Abb. 2

Ringen bestehende Kette mit ihren beiden Enden angeschweißt, und zwar so, daß beim Aufhängen der Zange am mittleren Ring die Lotrechte genau durch die Mitte der geschlossenen Schneiden hindurchging. Die Zange hängte man nun am Pt-Iridium-Stift auf, indem man ihre Schneiden genau in der Mitte über dem horizontal angebrachten Ring schloß. Die Verlängerung des Stiftes traf jetzt genau durch den mittleren Ring der Kette. Auf diesem mittleren Ring hängte man mittels eines s-förmig gebogenen Hakens einen Eimer, den man langsam mit Eisenschrott füllte. Dieses Aufhängesystem, das nach mehreren Versuchen in dieser Richtung ausgewählt worden war, war das einzige, das alle Belastungen durchhielt (Abb. 3 und 4).

Die Versuche wurden folgendermaßen durchgeführt:

Aus geringer Höhe ließ man in den Eimer langsam Eisenschrott fallen, bis die Einlage aus dem Zahn riß. Der Eimer mit dem Eisenschrott, Beißzange und Haken wurden gewogen. Das erhaltene Gewicht gab uns das Maß für die Höhe der Retention des betreffenden Ankers entgegengesetzt der Einsetzrichtung. Es wurde zuerst ohne, nachher mit Zement versucht. Bei den Versuchen mit Zement gelangte das De-Trey-Phosphatzement Nr. 6 (hellgelb) zur Anwendung. Auch hier hielt man sich möglichst an gleiche Bedingungen. Es wurde erstens bei konstanter Zimmertemperatur gearbeitet (19°). Zweitens wurden die Mischverhältnisse immer gleich gehalten: $\frac{1}{2}$ cm³ Pulver, in drei gleiche Teile gehäuft, wurden in gleichen Abständen mit 9 Tropfen Flüssigkeit gemischt. Anrührungszeit $1\frac{1}{2}$ Minuten. Die eingesetzte, einzementierte Einlage wurde während der ersten 5 Minuten unter konstantem Druck gehalten, bei allen Einlagen kam der gleich starke Druck zur Anwendung. Gesamtwarezeit bis zum Versuch 30 Minuten.

Es wurden zuerst Einlagen mit glatten Stiftchen geprüft. Nach dem Versuch wurden von den Einlagen alle Spuren von Zement durch Absäuren in Schwefelsäure entfernt. Kavitäten und Stiftkanäle wurden ebenfalls mit kleinen Sonden gesäubert. Hier war der Zement besonders am Boden der Kavität und in den Kanälen haften geblieben.

Die glatten Stiftchen der Einlagen wurden sodann durch Einschnitten eines Schraubengewindes von $\frac{1}{10}$ mm Tiefe in gerillte Stiftchen verwandelt. Hierfür wurde ein spezieller Gewindeschneider

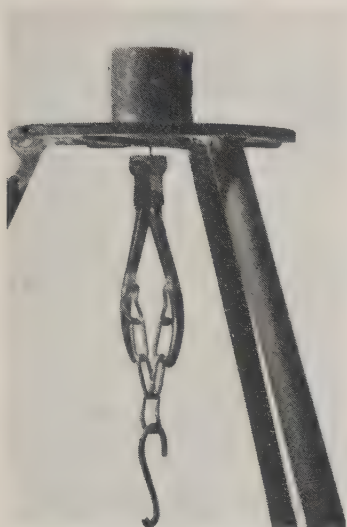


Abb. 3

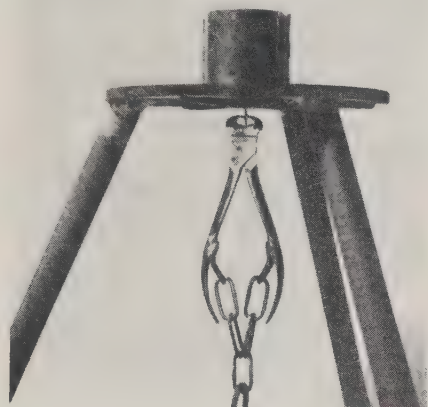


Abb. 4

konstruiert, dessen spitzauslaufende Schneiden an einem Griff befestigt waren. Mit Hilfe dieses Gewindeschneiders wurden auch Stiftchen erreicht, die nahe an einer Wand lagen (Grenze 1 mm Abstand). Dadurch wurde die Verwendung der gleichen Einlagen für die folgenden Versuche ermöglicht. Der Wert des Vergleiches wäre nämlich durch das Gießen neuer Einlagen mit schon vorgegrillten Stiftchen erheblich vermindert worden.

Nach dem zweiten Versuch wurden Anker und Kavität wieder vom Zement gesäubert. Hier war der Zement, wie schon Jeanneret beobachtet hatte, aus den Kanälen mitgerissen worden, da er an den Rillen der Stiftchen hangenblieb. Dies begründete die Erhöhung der Retention. Jetzt wurden die Stiftchen an ihrer Basis abgeschnitten und der Anker wurde zuerst ohne, dann mit Zement geprüft. Dies war die Folge der Versuche bei den genannten Ankertypen. Bei Stiftchen-Leisten-Einlagen wurde natürlich kein Versuch ohne Stiftchen gemacht, da diese Einlage nur mit Stiftchen gebraucht wird. Sie wurden nur mit glatten Stiftchen, unzementiert, zementiert und zuletzt mit gerillten Stiftchen zementiert geprüft.

Die übrigen Anker wurden zuerst unzementiert und dann zementiert geprüft.

Es wurden folgende Resultate erzielt:

I. Frontzähne:

	unzementiert kg		zementiert kg		zementiert mit Stiftchen glatt		zementiert mit Stiftchen gerillt
a) M-O-Einlagen							
Nr. 1	0,750	Durch- schnitt	7,650	7,313			
Nr. 2	0,570		5,250				
Nr. 3	0,550		0,956				
b) M-O-D-Einlagen							
Nr. 1	1,900	1,913	15,530	16,583			
Nr. 2	2,240		19,240				
Nr. 3	1,600		14,980				
c) Stiftchen-Leisten-Auflagen (3 Stiftchen)							
Nr. 1	0,750	0,683		17,063			
Nr. 2	0,800						
Nr. 3	0,500						
d) 4/5-Krone (1 Stiftchen im Tuberkulum)							
Nr. 1	2,250	2,393	24,250	24,216			
Nr. 2	2,800		26,300				
Nr. 3	2,130		22,100				
e) Krallen-Auflagen							
Nr. 1	0,800	1,033	12,100	13,666			
Nr. 2	1,350		15,700				
Nr. 3	0,950		13,200				

II. Molaren:

a) M-O-Einlagen									
Nr. 1	2,580	1,981	22,670	17,716	31,400	31,666	43,800	44,333	
Nr. 2	2,250		17,200				34,100		47,500
Nr. 3	1,113		13,280				29,500		41,700
b) M-O-D-Einlagen									
(4 Stiftchen)									
Nr. 1	4,450	4,406	32,100	34,100	43,500	43,800	64,900	66,766	
Nr. 2	5,100		35,800				43,800		70,400
Nr. 3	4,070		34,400				39,800		65,000
c) Ring-Inlay									
Nr. 1	10,670	10,910	— ¹	60,950					
Nr. 2	9,160		54,500						
Nr. 3	12,900		67,400						
d) 4/5-Krone									
Nr. 1	33,500	31,233	100,000	91,100	93,033				
Nr. 2	25,000		88,000						
Nr. 3	35,200								

¹ Versuch mußte unterbrochen werden.

	unzementiert kg		zementiert kg		zementiert mit Stiftchen glatt		zementiert mit Stiftchen gerillt
e) Komplexe Einlagen					(4 Stiftchen)		
Nr. 1	8,850	} 8,940	45,400	} 45,866	78,800	} 70,733	99,900
Nr. 2	10,370		48,000		67,400		100,700
Nr. 3	7,600		44,200		66,000		91,300
f) Krallen-Auflagen							
Nr. 1	2,380	} 3,243	23,200	} 28,100			
Nr. 2	4,150		32,100				
Nr. 3	3,200		29,100				

Zusammenfassung

Bei der Betrachtung der erhaltenen Retentionswerte fällt in erster Linie die Überlegenheit der Anker bei Molaren über diejenigen bei Frontzähnen auf. Die günstigere Form der Molaren mit ihren breiten und hohen Flächen bietet den Ankern einen besseren Halt als die schmalen, schlanken Zähne der Front.

Ein eingehender Vergleich zwischen den einzelnen Ankern läßt erkennen, daß, je mehr *Reibungsfläche* die Anker besitzen, desto größer ihr Retentionswert ausfällt. Einzelne Beispiele: Die Ausdehnung einer M-O-Kavität in eine M-O-D erhöht den Retentionswert der betreffenden Einlage ungefähr um das Doppelte. Dies trifft sowohl bei Frontzähnen als auch bei Molaren zu. Durch Einbeziehen der Kaufläche in die Präparation, wie dies beim Übergang der M-O-D in die komplexe Einlage geschieht, weist letztere einen um 32 % höheren Retentionswert gegenüber der ersteren auf. Beim Ring-Inlay steigt die Retention sogar um fast 76 % gegenüber derjenigen des M-O-D-Inlays, aus welchem das Ring-Inlay durch Einbeziehen der lingualen Wand in die Präparation hervorgegangen ist. In diesem Falle dürfte außer der lingualen Wand auch das Verbindungsstück zwischen den lingualen Höckern eine Rolle spielen.

Die beste Retention sowohl bei Molaren als auch bei Frontzähnen weisen die 4/5-Kronen auf.

Die Verwendung von *Stiftchen* trägt zu einer deutlichen Erhöhung der Retention bei. Es ergab sich, daß je nach Ankertyp diese Erhöhung verschieden ist, das heißt der Retentionswert der Stiftchen steht im Zusammenhang mit der Form der Kavität. Erhöhung der

Retention in % gegenüber der entsprechenden Einlage ohne Stiftchen:

Vier Stiftchen

M-O-D-Einlage an Molaren etwa 24% (etwa 6% pro Stiftchen)
 Komplexe Einlage an Molaren 55,5% (etwa 14% pro Stiftchen)

Drei Stiftchen

M-O-Einlage an Molaren 82% (etwa 27% pro Stiftchen)

Ein Stiftchen

4/5-Krone an Frontzähnen 17%

Das Einschneiden eines *Schraubengewindes* in die Stiftchen ergab wiederum eine deutliche Verbesserung der Retention. Diese betrug gegenüber den glatten Stiftchen:

Vier Stiftchen

M-O-D-Einlage an Molaren 57% (etwa 14% pro Stiftchen)
 Komplexe Einlage an Molaren 40% (10% pro Stiftchen)

Drei Stiftchen

M-O-Einlage an Molaren 42% (14% pro Stiftchen)
 Stiftchen-Leisten-Einlage an Frontzähnen 53% (etwa 17% pro Stiftchen)

Ein Stiftchen

4/5-Krone an Frontzähnen 25%

Literatur

- Boedecker, H.W.C.*: Das Metalleinlageverfahren. Berlin 1911.
Boisson: Inlays à arçons et à crampons. Bruxelles.
Demisch, A.: Der Werkstoff in der zahnärztlichen Prothetik. Bern 1945.
Dräger, H.: Rand- und Flächenschluß der Goldeinlagefüllungen in Abhängigkeit von der Form der Kavität. DZW; 1931.
Fernex: Quelques notes sur l'équilibre occluso-articulaire. SMfZ; 1948.
Greth, H.: Einlagefüllungen. Zbl.; 1937.
Häupl, K.: Lehrbuch der Zahnheilkunde. Wien 1949.
Hoff, P.: Analyse der auf die Dreiviertelkrone wirkenden Kräfte. ZStom.; 1933.
Jeanneret, M.: Considérations sur la force de l'ancrage en profondeur et l'étiologie de la carie sous l'attelle fixe. Les mouvements paranormaux. SMfZ; 1946.
Ledniczer v., S.: Experimentelle statische Untersuchungen an frontalen Brückenverankerungen. ZStom.; 1932.

- Loos, A.*: Die Retentionsform der Gußfüllungen. VjfZ; 1930.
- Zahnärztliche Prothetik vom Standpunkt einer biologisch orientierten Indikation. Berlin 1934.
- Port-Euler*: Lehrbuch der Zahnheilkunde. München 1934.
- Schönbeck, F.*: Zahnärztliche Werkstoffkunde. Leipzig 1942.
- Schröder, H.*: Lehrbuch der technischen Zahnheilkunde. Berlin 1927.
- Schwarz, A.M.*: Ein Beitrag zur Stiftverankerung bei Kronenarbeiten und Füllungen. Stom.; 1940.
- Stitzel, W.*: Von Goldgußfüllungen. SMfZ; 1932.
- Spreng, M.*: Metallkunde für den Zahnarzt. Basel 1940.
- Strunz, H.*: Die Stiftverankerung der Gußeinlagefüllungen. ZR; 1938.
- Die Stiftverankerung der Pfeilereinlagen. ZR; 1939.
- Tylman, S.D.*: Theorie and Practice of Crown and Bridge Prosthesis. St. Louis 1940.
- Vest, G.*: Brücken- und Schienenkonstruktion. Fehler und ihre Verhütung. SMfZ; 1937.
- Einzelkronen und Porzellantechnik. SMfZ; 1938.
- Über Brückenanker. SMfZ; 1928.
- Wedder, F.B.*: Why fixed Bridge Work. JAmDentAss.; 1939.
- Wild, W.*: Über den Kauvorgang und die Kaubahnen in bezug auf die prothetische Behandlung. SMfZ; 1944.

